

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-182608

(43)Date of publication of application : 27.07.1988

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 62-014637

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 24.01.1987

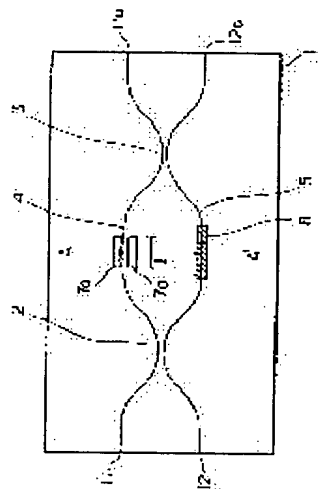
(72)Inventor : KAWACHI MASAO
JINGUJI KANAME
TAKATO NORIO

(54) WAVEGUIDE TYPE POLARIZED LIGHT SEPARATING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To permit formation of a waveguide type polarized light separating element on a plane substrate by adjusting the double refractive index value distribution of light guides in such a manner that the difference of the curvilinear integrals of the double refractive index values along the two light guides is effectively half the wavelength of the used light.

CONSTITUTION: The adjustment is so made by the effect of the stress relieving grooves 7a, 7b provided at the mid-point of the light guides 4, 5 and a thin film heater 8 that the effective optical path lengths of the light guides 4, 5 are equalized with respect to the signal light (TE wave) having an electric field component parallel with the substrate 1 and the difference in the effective path lengths is $\lambda/2$ with respect to signal light (TM wave) having an electric field component perpendicular to the substrate 1. While the TE wave component of the incident signal light on an input port 11 is emitted only to an output port 12a, the TM wave component is emitted only to an output port 11a and functions as the waveguide type polarized light separating element. Formation of the waveguide type polarized light separating element on the plane substrate is thus permitted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑬ 公開特許公報(A) 昭63-182608

⑪ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)7月27日

G 02 B 6/12

E-8507-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 導波形偏光分離素子

⑯ 特 願 昭62-14637

⑰ 出 願 昭62(1987)1月24日

⑱ 発 明 者 河 内 正 夫 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 神 宮 寺 要 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

⑳ 発 明 者 高 戸 範 夫 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話株式会社茨城電気通信研究所内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 志賀 正武

明 細 書

1. 発明の名称

導波形偏光分離素子

2. 特許請求の範囲

1. 基板上において2個の方向性結合部をほぼ等しい長さの2本の複屈折性単一モード光導波路で連結してなるマッハ・ツェンダ形光干渉計を基本構成とし、前記2本の光導波路に沿った複屈折位の漸増分の差が、実効的に使用光波長の1/2になるように、前記光導波路の複屈折係数分布が調節されていることを特徴とする導波形偏光分離素子。

2. 前記2本の複屈折性単一モード光導波路は、基板上においてクラッド層にコア部が埋設されている石英系単一モード光導波路であり、いずれか一方の光導波路のコア部に沿ってクラッド層の一部に応力解放溝が形成されていて、基板と光導波路との熱膨張係数差に起因する光導波路の応力複屈折係数分布が調節されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の導波形偏光分離素子。

3. 前記2本の複屈折性単一モード光導波路の少なくとも一方に、光損失を低減するための補償ヒータがさらに設置されていることを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の導波形偏光分離素子。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光ファイバ通信や光ファイバセンサ分野等において、光信号の偏波面分離に用いる導波形偏光分離素子に関するものである。

(従来の技術およびその問題点)

光ファイバ通信等の光産業技術の急速な進展に伴ない、各種の光回路部品への需要が高まっている。光回路部品はその形態により(1)バルク形、(2)ファイバ形、(3)導波形、の3種類に分類できるが、信頼性、生産性、小形軽量化及び機能の集積可能性等の理由から、平面基板上に形成する導波形のものがある。最近注目されている。

導波形光回路部品は、平面基板上に形成した光導波路を基本要素として構成されるものである。中でも、シリコン基板上に作製可能な石英系光導

特開昭63-182608(2)

波路は、そのコア部の断面寸法を通常使用されている石英系光ファイバに合わせて、単一モード用で5〜10μm程度、多モード用で50μm程度に設定することができるため、光ファイバとの割合性に優れた実用的な導波形光回路部品の実現手段として期待されている。(参考文献:河内正夫「石英系光導波路の微細加工」、応用物理学会光学部会向小光学研究グループ報国誌1986.4/Vol. No 2. pp.33-38)

ところで、単一モード光ファイバ通信、特にコヒーレント光通信や単一モード光ファイバセンサの分野では、信号光の偏波面の制御が重大な関心事となっている。偏波面制御の上で基本となる光回路部品として偏光分離素子を持つことが出来るが、従来、石英系単一モード光導波路の技術分野では有効な偏光分離素子構成手段が知られていなかった。このために多くの箇所をもつにもかかわらず、石英系単一モード光導波路を用いた導波形光回路部品では、偏光分離作用を外部に設けたグラン・トムソンプリズム等のバルク形光回路

- 3 -

部品に頼らざるを得ず、実用的な光回路部品を提供する上での大きな障害となっていた。

本発明は上記の事情に鑑み、複屈折性単一モード光導波路を用いて平面基板上に導波形偏光分離素子を実現し、実用的な導波形光回路部品を提供することを目的としている。

(問題点を解決するための手段)

本発明は、基板上において2個の方向性結合器をほぼ等しい長さの2本の複屈折性単一モード光導波路で連結してなるマッハ・ツェンダ形光干渉計を基本構成とし、前記2本の光導波路に沿った複屈折性の捻ね分の量が、実効的に使用光波長の1/2になるように、前記光導波路の複屈折率分布が調節されていることを特徴とするものである。

上記の複屈折性単一モード光導波路を、基板上においてクラッド層にコア部が埋設されてなる石英系単一モード光導波路として、いずれか一方の光導波路に沿って応力解放溝を形成することにより応力複屈折率分布を調節することが望ましく、さらにいずれか一方の光導波路の上部に薄膜ヒ-

- 4 -

ータを設けて光路長を調節するように構成することが望ましい。

(作用)

本発明は、平面基板上に形成した2本の複屈折性単一モード光導波路の複屈折性と、それらの光導波路により構成されるマッハ・ツェンダ形光干渉計の光位相感応性とを組み合わせることにより偏光分離作用を実現するものである。

(実施例)

以下、第1図ないし第4図を参照して、本発明の一実施例を説明する。

第1図は本発明の一実施例の構成を説明する図であって、(a)は平面図、(b)は(a)における線分A-A'に沿った拡大断面図である。図中符号1はシリコン基板、2、3は結合率50%の方向性結合器(3dBカプラ)、4、5は方向性結合器2、3を結合してマッハ・ツェンダ形光干渉計を構成するための石英系単一モード光導波路、6は石英系ガラスクラッド層、7a、7bは応力解放溝制御部としての応力解放溝、8は位相調節部として

- 5 -

の薄膜ヒータ、11、12は入力ポート、11a、12aは出力ポートである。

上記の光導波路4、5は、クラッド層6にコア部が埋設されることによって形成されており、コア部の断面寸法は10μm程度、クラッド層6の厚みは50μm程度であり、またシリコン基板1の厚みは0.4〜1mm程度である。

方向性結合器2、3は、2本の光導波路4、5を数μmの間隔にまで接近させて平行に数mmにわたって配置したものであり、方向性結合器2の左端と入力ポート11、12、および方向性結合器3の右端と出力ポート11a、12aとは、それぞれ上記の光導波路4、5によって連結されている。

入力ポート11から入射した信号光は、方向性結合器2の作用で光導波路4、5へ2等分されて分配される。方向性結合器2、3を連結して光干渉計構成とする光導波路4、5が同一構造でありかつそれらの光路長L₁、L₂が等しい場合には光導波路4、5を伝搬してきた伝送光は、方向性

- 6 -

特開昭63-182608(3)

結合器3の作用ですべて出力ポート12aに出射されることが知られている。また、 L_1 、 L_2 が信号光の波長 λ の半分すなわち $\lambda/2$ だけ異なる場合には、信号光は逆に出力ポート11aに出射されることが知られている。

そこで、本実施例では光導波路4、5の途中に設けた応力解放溝7a、7bと薄膜ヒータ8の作用により、基板1に先行な歪み成分をもつ信号光(TE波)に対しては光導波路4、5の実効的な光路長が等しくなり、かつ基板1に垂直な歪み成分をもつ信号光(TM波)に対しては実効的な光路長が $\lambda/2$ になるように調整されている。このように調整された条件下では、入力ポート11に入射した信号光のTE波成分は出力ポート12aのみに出射されるのに対し、TM波成分は出力ポート11aのみに出射されることになり、本実施例は導波路型偏光分離素子として機能する。すなわち、本実施例では、石英系単一モード光導波路の複屈折性とマッハ・ツェンダ型光干渉計の位相感度性を組み合わせることによって、目的とす

- 7 -

部には、シリコン基板1と石英系ガラスとの熱膨張係数差により強い水平方向の圧縮応力が作用し、 $B_0 \sim 4 \times 10^{-4}$ 程度の応力複屈折性を見ている。ここで B_0 は、TM波が受ける実効的複屈折率とTE波が受ける実効的複屈折率との差である。しかし、(c)の状態では、方向性結合器2、3を連結する2本の光導波路4、5の光路長は等しく設定されているので、光導波路4、5の複屈折性にもかかわらず光導波路4、5の光路長に偏光方向依存性は生ぜず、したがってこの状態のままでは偏光分離作用は生じることがない。

そこで、(d)に示すように一方の光導波路4のコア部の両側に、応力複屈折制御部として、基板1からの圧縮応力を一斉解放する応力解放溝7a、7bを、第1図(a)に示すようにコア部に沿って長さJだけ形成する。

第3図は、応力解放溝7a、7bにより調整されたリッジ状のクラッド層6の幅Wと、正規化された複屈折値 B/B_0 との関係を示したものである。第3図は、有限要素法による応力分布解析結

- 9 -

果に基づいて算出したもので、実験結果とも近い一致が得られている。第3図に示されるように、例えば $W = 200 \mu m$ の場合には $B/B_0 = 0.5$ であるから、応力解放溝7a、7bを形成したことによる複屈折変化 ΔB は、 $\Delta B = B - B_0 = 2 \times 10^{-4}$ となり、応力解放溝7a、7bの長さJを $\Delta B \cdot J = \lambda/2$ になるよう、すなわち、使用光波長 $\lambda = 1.3 \mu m$ の場合において、 $J = 3.3 \mu m$ になるように設定しておくこと、光導波路4、5の光路長に偏光方向に依存する $\lambda/2$ の変化を与えることが可能となる。

次に、本実施例の導波路型偏光分離素子のより具体的な構成を、第2図(a)～(e)によりその作製工程を説明しながら、より詳細に説明する。

まず(a)に示すように、シリコン基板1上に、 $SiCl_4$ や $TiCl_4$ を出発原料ガスとし、公知の火炎加水分解反応を利用したガラス膜形成法により、下部クラッド層21およびコア層22を順次堆積する。すなわち下部クラッド層21は SiO_2 で構成され、コア層22は屈折率制御用ドーパントとして TiO_2 が微量添加された SiO_2 で構成されている。次に、(b)に示すように、コア層22の不要部分を反応性イオンエッチングにより除去して、光導波路4、5を構成するリッジ状のコア部を形成し、続いて(c)に示すように、それらのコア部を覆うように上部クラッド層23を再び火炎加水分解反応を利用したガラス膜形成法により堆積し、下部クラッド層21と合わせてクラッド層6とする。これにより光導波路4、5が形成される。

第2図(c)の状態では、光導波路4、5のコア

- 8 -

部に基づいて算出したもので、実験結果とも近い一致が得られている。第3図に示されるように、例えば $W = 200 \mu m$ の場合には $B/B_0 = 0.5$ であるから、応力解放溝7a、7bを形成したことによる複屈折変化 ΔB は、 $\Delta B = B - B_0 = 2 \times 10^{-4}$ となり、応力解放溝7a、7bの長さJを $\Delta B \cdot J = \lambda/2$ になるよう、すなわち、使用光波長 $\lambda = 1.3 \mu m$ の場合において、 $J = 3.3 \mu m$ になるように設定しておくこと、光導波路4、5の光路長に偏光方向に依存する $\lambda/2$ の変化を与えることが可能となる。

次に、第2図(e)に示すように $\lambda/2$ の偏光依存性を保持しつつ、等方的(偏光依存性なく)に光路長を調整して出力ポート11a、12aへの偏光の分離を調節するための薄膜ヒータ8を光導波路5上に設けて、偏光分離素子の作製工程が終了する。薄膜ヒータ8は、ニクロム金属膜を50nm程度にわたって蒸着したもので、いわゆる熱光学効果により光導波路5の光路長を等方的に調整するものである。

- 10 -

特開2003-182608(4)

なお、この薄膜ヒータ8は省略することもできるが、一般的には第2図の作製工程を経ることで、より光導波路の光路長が波長オーダー変化してしまうことが多いので、薄膜ヒータ8を設置しておくことが望ましい。

第4図は、以上の工程と設定条件により作製された偏光分離素子の偏光分離特性を示すもので、出力ポート11a、12aから出射される信号光のTM成分とTE成分の比率を薄膜ヒータ8の消費電力PHの関数として示したものである。入力ポート11にはTM成分とTE成分を1対1にもつ円偏光を入射している。第4図に示されるように、PH=0、2ワットにおいて出力ポート11aにTE波のみが出射し、出力ポート12aにTM波のみが出射する位相整合状態が達成され、良好な偏光分離素子としての機能が得られている。またPH=0、7ワットにおいても良好な偏光分離機能が得られているが、TE波とTM波の出力ポートは上記の割合と逆転している。これは、PH=0、2ワットとPH=0、7ワットでは、光

- 11 -

路長が $\lambda/2$ 変化していることに対応している。このように薄膜ヒータ8は、熱光学効果を利用して、偏光分離に関しての一種のスイッチとしての役割を果たすこともできる。

なお、上記の実施例においては、 $\Delta B \cdot L = \lambda/2$ となるように設定したが、一般に、 $\Delta B \cdot L = (N + 1/2) \lambda$ (Nは整数)、としても同様な偏光分離作用が得られる。しかし、Nをあまり大きく(|N| > 5)とすると、マッハ・ツェンダ形光干渉計の非対称性が強くなり、非対称性マッハ・ツェンダ形光干渉計に特有の波長依存性が強くなり、偏光分離素子として動作可能な波長帯域が狭くなるので望ましくない。

また、上記実施例では、光導波路4に応力被覆新制御部としての応力解放溝7a、7bを取付けたが、より一般的な記述をすると、複屈折の光導波路4に沿った複屈折軸(複屈折軸は2個の方向性結合部間)と、光導波路5に沿った複屈折軸の差が実効的に $\lambda/2$ になれば良いのであるから、応力解放溝7a、7bの位置、形状等はより任意

- 12 -

に選んで支障がない。例えば応力解放溝7a、7bを光導波路5側に設けても支障がないことはもちろんである。

また、応力被覆新制御部としては、上記の実施例で用いた応力解放溝7a、7bの他に、適当な材料(応力付与部)を光導波路のコア部近傍に装設する方法や、外力による圧縮応力を局所的に印加する等の方法を採用することもできる。

また、上記実施例においては薄膜ヒータ8を光導波路5の上部に設けたが、薄膜ヒータ8を光導波路4の上部に移設しても、光路長差の微細な相対的なものであるから、適当なヒータ駆動条件で偏光分離作用を得ることができる。

さらに、位相制御部として上記実施例では薄膜ヒータ8を用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば光導波路の一部に狭い空隙を設け、空隙をエッチング技術によりトリミングし、所定の位相整合条件に合わせる等の方法を採用することもできる。

また、本発明は、シリコン基板上の石英系単一

- 13 -

モード光導波路に限らず、他材料系の単一モード光導波路にも同様に適用することが可能である。(発明の効果)

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、2本の光導波路に沿った複屈折軸の軸角分の差が実効的に使用光波長の $1/2$ になるように調整したので、複屈折性単一モード光導波路を用いて平面基板上に薄膜形偏光分離素子を実現することができ、光通信や光ファイバセンサ分野における偏光制御用の各種の光回路部品を小形、軽微かつ安価に提供する上で利益が大である。また平面基板上に集積可能という長所を生かして、多機能な光導波回路や光集積回路を構成できる利点もある。

4. 図面の簡単な説明

第1図ないし第4図は本発明の一実施例を説明するための図である。第1図はこの実施例の構成説明図であって、このうち(a)は平面図、(b)は拡大断面図、第2図(a)～(e)は、この実施例の作製工程を工程順に説明するための図、第3図は有膜基板による複屈折制御部断面図、第4図はこの

- 14 -

特開昭63-182608(5)

実施例の動作説明図である。

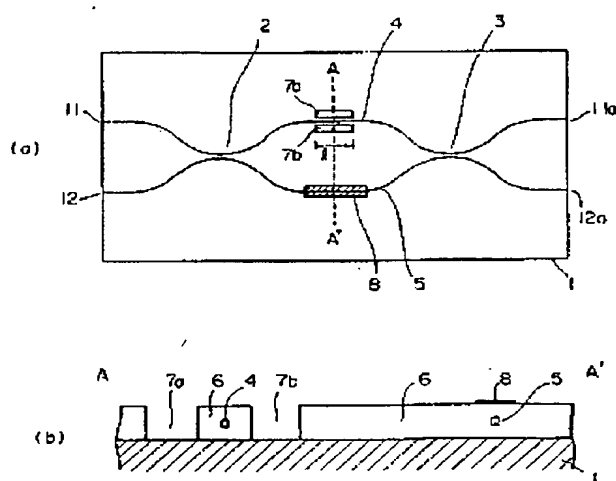
1…シリコン基板、2、3…方向性結合器、4、
5…光導波路、6…クラッド層、7a、7b…防
力解熱溝、8…薄膜ヒータ。

出願人 日本電信電話株式会社

代理人 弁護士 志賀正武

- 15 -

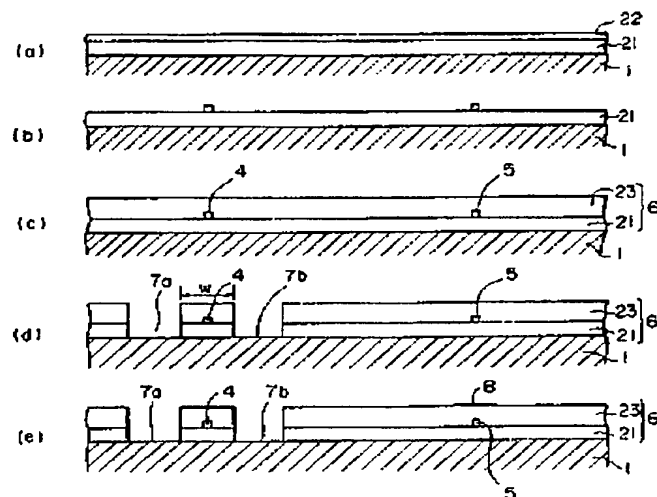
第1図



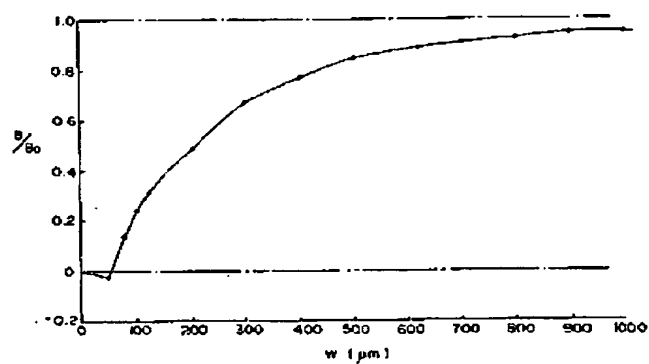
- 1: シリコン基板
2, 3: 方向性結合器
4, 5: 複屈折性単モード光導波路
6: クラッド層
7: 電力解熱溝
8: 薄膜ヒータ

特開2003-182608(6)

第 2 図



第 3 図



特開昭63-132608(7)

第 4 図

